

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-058465

(43)Date of publication of application : 25.02.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/205

C23C 16/50

H01L 31/04

H05H 1/46

(21)Application number : 11-149233

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 28.05.1999

(72)Inventor : MAJIMA HIROSHI
TAKEUCHI YOSHIKI
MURATA MASAYOSHI

(30)Priority

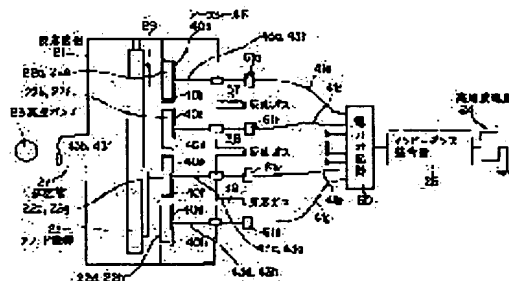
Priority number : 10148617 Priority date : 29.05.1998 Priority country : JP

(54) PLASMA CHEMICAL VAPOR DEPOSITION EQUIPMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable making distribution of film thickness markedly uniform as compared with the conventional case, when high frequency power is supplied by supplying power to an electrode with a multipoint power supplying system.

SOLUTION: An anode electrode 23 which involves a heater and retains a substrate 29, and a plurality of cathode electrodes 22a-22h which are arranged facing the anode electrode 23 are installed, and a multipoint power supplying system is realized by supplying electric power to the respective cathode electrodes 22a-22h via a power distributor 60 or the like. High frequency power, whose frequency is at least 30 MHz and at most 200 MHz, is supplied from a high frequency power source 24 and glow discharge is generated with the supplied power. Thereby an amorphous thin film or a fine crystal thin film or a polycrystalline thin film is formed on the surface of the substrate 29.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.05.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3697110

[Date of registration] 08.07.2005

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A reaction container, a means to introduce reactant gas into this reaction container, and a means to discharge said reactant gas out of said reaction container, The anode electrode with a built-in heater which is arranged in said reaction container and supports a processed material, It has two or more cathode electrodes which countered this anode electrode and were installed, and the power source which supplies the frequency of 30MHz thru/or the 200MHz power for glow discharge generating to this cathode electrode. In the plasma chemistry vacuum evaporatio equipment which generates glow discharge with the power supplied from this power source, and forms an amorphous thin film, a microcrystal thin film, or a polycrystal thin film on said processed material front face Plasma chemistry vacuum evaporatio equipment characterized by providing two or more feeders for vacuums which supply high-frequency power to said each cathode electrode, and the power distribution unit which is connected to said each cathode electrode through each feeder for vacuums, and distributes said electric supply power equally.

[Claim 2] A reaction container, a means to introduce reactant gas into this reaction container, and a means to discharge said reactant gas out of said reaction container, The anode electrode with a built-in heater which is arranged in said reaction container and supports a processed material, It has the cathode electrode which countered this anode electrode and was installed, and the power source which supplies the frequency of 30MHz thru/or the 200MHz power for glow discharge generating to this cathode electrode. In the plasma chemistry vacuum evaporatio equipment which generates glow discharge with the power supplied from this power source, and forms an amorphous thin film, a microcrystal thin film, or a polycrystal thin film on said processed material front face Two or more feeders for vacuums which supply high-frequency power to said cathode electrode, Plasma chemistry vacuum evaporatio equipment characterized by having the power distribution unit which is connected to said cathode electrode through each feeder for vacuums, and distributes said electric supply power equally, and two or more impedance converters which are arranged between said cathode electrodes and power distribution units, and connect with these electrically.

[Claim 3] It is plasma chemistry vacuum evaporatio equipment characterized by considering as the thing of the transmission-line transformer method which combined the transformer which the impedance converter twisted two lead wire at the magnetic substance in invention indicated to [claim 2], and formed, and the capacitor.

[Claim 4] It is plasma chemistry vacuum evaporatio equipment characterized by considering as the thing of pi circuit system which the impedance converter connected the variable capacitor to juxtaposition to the both ends of a coil in invention indicated to [claim 2], and was formed in pi mold as a whole.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is useful as plasma chemistry vacuum evaporatio~~no~~ equipment (it is hereafter called plasma-CVD equipment.) applied to manufacture of the thin film used for various electron devices, such as an amorphous-silicon solar cell, a thin film semiconductor, a photosensor, and a semiconductor protective coat, about plasma chemistry vacuum evaporatio~~no~~ equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to manufacture an amorphous silicon (it is hereafter described as a-Si) thin film, and a silicon nitride (it is hereafter described as SiN_x) thin film, two typical examples are explained about the configuration of the plasma-CVD equipment used conventionally. That is, the object for discharge explains the approach using the electrode which carries out and is also called a mold electrode, i.e., a ladder inductance electrode, or a ladder antenna mold electrode, and the approach using an parallel plate electrode as an electrode used for discharge generating.

[0003] First, about the approach using a ladder mold electrode, the plasma-CVD equipment which used the electrode of various configurations for JP,4-236781,A as a ladder-like plan type coil electrode is indicated. The example of representation of this approach is explained using drawing 9. The numbering 1 in drawing is a reaction container, the object for discharge carries out into this reaction container 1, and the mold electrode 2 and the heater 3 for substrate heating are arranged in parallel. Said object for discharge carries out and 13.56MHz high-frequency power is supplied to the mold electrode 2 through an impedance matching box 5 from RF generator 4. Said object for discharge carries out, as the mold electrode 2 is shown in drawing 10, an end is connected to RF generator 4 through the impedance matching box 5, it connects with an earth wire 7 and the other end is grounded with the reaction container 1.

[0004] The heater 3 for substrate heating at which the high-frequency power which the object for discharge carried out and was supplied to the mold electrode 2 was grounded with the reaction container 1, and the object for discharge carry out, and generate the glow discharge plasma between the mold electrodes 2, and via discharge space, the object for discharge carries out to the wall of the reaction container 1, and flows through the earth wire 7 of the mold electrode 2 to it to a ground again. In addition, the coaxial cable is used for this earth wire 7.

[0005] In said reaction container 1, it lets the reactant gas installation tubing 8 pass from the bomb which is not illustrated, for example, the mixed gas of a mono silane and hydrogen is supplied. It is decomposed by the glow discharge plasma which was carried out and was generated with the electrode 2, and the supplied reactant gas is held on the heater 3 for substrate heating, and deposits the object for discharge on the substrate 9 heated by predetermined temperature. Moreover, the gas in the reaction container 1 is exhausted by the vacuum pump 11 through an exhaust pipe 10.

[0006] Hereafter, the case where a thin film is manufactured using the above-mentioned equipment is explained. First, after driving a vacuum pump 11 and exhausting the inside of the reaction container 1, it lets the reactant gas installation tubing 8 pass, for example, the mixed gas of a mono silane and hydrogen is supplied, and the pressure in the reaction container 1 is maintained at 0.05 - 0.5Torr.

[0007] If the object for discharge carries out from RF generator 4 and high-frequency power is impressed to the mold electrode 2 in this condition, the glow discharge plasma will occur. reactant gas decomposes the object for discharge by the glow discharge plasma which is carried out and is produced between the mold electrode 2 and the heater 3 for substrate heating -- having -- this result -- SiH₃ and SiH₂ etc. -- the radical containing Si occurs, it adheres to substrate 9 front face, and an a-Si thin film is formed.

[0008] Next, the approach using an parallel plate electrode is explained with reference to drawing 11. The

numbering 21 in drawing is a reaction container, and RF electrode 22, i.e., a cathode electrode, and the heater 23 for substrate heating are arranged in parallel in this reaction container 21. 13.56MHz high-frequency power is supplied to said RF electrode 22 through an impedance matching box 25 from RF generator 24. The heater 23 for substrate heating is grounded with the reaction container 21, and has become an earth electrode, i.e., an anode electrode. Therefore, the glow discharge plasma occurs in Hazama of RF electrode 22 and the heater 23 for substrate heating.

[0009] In said reaction container 21, the mixed gas of a mono silane and hydrogen is supplied through the reactant gas installation tubing 26 from the bomb which is not illustrated. The gas in the reaction container 21 is exhausted by the vacuum pump 28 through an exhaust pipe 27. A substrate 29 is held on the heater 23 for substrate heating, and is heated by predetermined temperature.

[0010] Using such equipment, as it is the following, a thin film is manufactured. First, a vacuum pump 28 is driven and the inside of the reaction container 21 is exhausted. Next, if the mixed gas of a mono silane and hydrogen is supplied through the reactant gas installation tubing 26, the pressure in the reaction container 21 is maintained at 0.05 - 0.5Torr and an electrical potential difference is impressed to RF electrode 22 from RF generator 24, the glow discharge plasma will occur.

[0011] Mono-silane gas is decomposed among the gas supplied from the reactant gas installation tubing 26 by the glow discharge plasma produced between RF electrode 22 - the heater 23 for substrate heating. consequently, SiH₃ and SiH₂ etc. -- the radical containing Si occurs, it adheres to the front face of a substrate 29, and an a-Si thin film is formed.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, each of approaches using the conventional technique, i.e., a ladder mold electrode, and approaches using an parallel plate electrode has the following problems.

[0013] (1) the electric field which the object for discharge carried out and were generated in about two mold electrode in drawing 9 -- reactant gas 4, for example, SiH, Si, SiH, SiH₂, SiH₃, H, and H₂ etc. -- it is decomposed and the a-Si film is formed in the front face of a substrate 9. However, if 30MHz cannot be found than 13.56MHz of the present condition and the frequency of an RF generator is made high to 150MHz in order to attain improvement in the speed of a-Si film formation, the object for discharge carries out, uniformity will collapse [about two mold electrode electric-field distribution], and thickness distribution of the a-Si film will get extremely bad as the result. Drawing 12 shows a substrate area 30cmx30cm plasma power line period and the relation of thickness distribution. It is 5cmx5cm thru/or about 20cmx20cm, the magnitude, i.e., the area, of a substrate which can secure the uniformity (less than **10%) of thickness distribution.

[0014] The object for discharge carries out and the reason with difficult high-frequency-izing of RF generator 4 by the approach using a mold electrode is as follows. As shown in drawing 13 , since the heterogeneity of the impedance which the object for discharge carried out and originated in the structure of a mold electrode exists, the strong part of plasma luminescence becomes local. For example, the plasma strong against the periphery of the above-mentioned electrode occurs, and it does not generate in a center section. The reduction becomes remarkable with high-frequency-izing of 60MHz or more especially.

[0015] Therefore, a mass-production disposition top and the improvement in the membrane formation rate by high-frequency-izing of the plasma power source about a large area substrate required for low-cost-izing are very difficult, and impossible ** is carried out. In addition, although research is activating also at the society of a related technical field since the membrane formation rate of a-Si is proportional to the square of a plasma power line period, there is still no example of a success to large-area-izing.

[0016] (2) the electric field generated between RF electrode 22 and the heater 23 for substrate heating in drawing 11 -- reactant gas 4, for example, SiH, Si, SiH, SiH₂, and SiH₃, H and H₂ etc. -- it is decomposed and the a-Si film is formed in the front face of a substrate 29. However, in order to attain improvement in the speed of a-Si film formation, from 13.56MHz of the present condition, 30MHz thru/or the uniformity of electric-field distribution which will be generated between RF electrode 22 and the heater 23 for substrate heating if it is made high to 200MHz collapse, and thickness distribution of the a-Si film gets the frequency of RF generator 24 extremely bad as the result. Drawing 12 is the property Fig. showing a substrate area 30cmx30cm plasma power line period and the relation of thickness distribution (gap from average thickness). It is 5cmx5cm thru/or about 20cmx20cm, the magnitude, i.e., the area, of a substrate which can secure the uniformity (less than **10%) of thickness distribution.

[0017] The reason with difficult high-frequency-izing of RF generator 24 by the approach using an parallel plate electrode is as follows. Since the electrical properties of an electrode periphery and a center section differ, an parallel monotonous mold electrode has the phenomenon in which the plasma strong against an

electrode periphery occurs, or the plasma strong only against a central part occurs as shown in drawing 14 (B) as shown in drawing 14 (A).

[0018] Therefore, a mass-production disposition top and the improvement in the membrane formation rate by high-frequency-izing of the plasma power source about a large area substrate required for low-cost-izing are very difficult, and impossible ** is carried out. In addition, although research is activating also at the society of a related technical field since the membrane formation rate of a-Si is proportional to the square of a plasma power line period, there is still no example of a success to large-area-izing.

[0019] this invention aims at offering the plasma chemistry vacuum evaporatio equipment which is markedly alike compared with the former and can attain equalization of thickness distribution, even when RF-ization of a supply voltage is attained in view of the above-mentioned conventional technique by making electric supply to an electrode into a multipoint electric supply method.

[0020] Moreover, this invention aims at offering the plasma chemistry vacuum evaporatio equipment with which the thickness distribution which was further excellent by considering as the configuration which has arranged the impedance converter which connects electrically at these, respectively between two or more supplying points which supply the frequency of 30MHz thru/or the 200MHz power for glow discharge generating to an electrode, and said power distribution unit is acquired.

[0021]

[Means for Solving the Problem] The configuration of this invention which attains the above-mentioned purpose is characterized by the following point.

[0022] 1) A reaction container, a means to introduce reactant gas into this reaction container, and a means to discharge said reactant gas out of said reaction container, The anode electrode with a built-in heater which is arranged in said reaction container and supports a processed material, It has two or more cathode electrodes which countered this anode electrode and were installed, and the power source which supplies the frequency of 30MHz thru/or the 200MHz power for glow discharge generating to this cathode electrode. In the plasma chemistry vacuum evaporatio equipment which generates glow discharge with the power supplied from this power source, and forms an amorphous thin film, a microcrystal thin film, or a polycrystal thin film on said processed material front face Provide two or more feeders for vacuums which supply high-frequency power to said each cathode electrode, and the power distribution unit which is connected to said each cathode electrode through each feeder for vacuums, and distributes said electric supply power equally.

[0023] 2) A reaction container, a means to introduce reactant gas into this reaction container, and a means to discharge said reactant gas out of said reaction container, The anode electrode with a built-in heater which is arranged in said reaction container and supports a processed material, It has the cathode electrode which countered this anode electrode and was installed, and the power source which supplies the frequency of 30MHz thru/or the 200MHz power for glow discharge generating to this cathode electrode. In the plasma chemistry vacuum evaporatio equipment which generates glow discharge with the power supplied from this power source, and forms an amorphous thin film, a microcrystal thin film, or a polycrystal thin film on said processed material front face Two or more feeders for vacuums which supply high-frequency power to said cathode electrode, Be arranged between the power distribution unit which is connected to said cathode electrode through each feeder for vacuums, and distributes said electric supply power equally, and said cathode electrode and power distribution unit, and have two or more impedance converters which connect with these electrically.

[0024] 3) It is having considered as the thing of the transmission-line transformer method which combined the transformer which the impedance converter's twisted two lead wire at the magnetic substance in invention indicated to the above 2, and formed, and the capacitor.

[0025] 4) It is having considered as the thing of pi circuit system which the impedance converter's connected the variable capacitor to juxtaposition to the both ends of a coil in invention indicated to the above 2, and was formed in pi mold as a whole.

[0026]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail based on a drawing.

[0027] Drawing 1 is the general drawing of the plasma-CVD equipment concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention. In the reaction container 21, as shown in this drawing, while supporting the substrate 29 as a processed material, this substrate 29 is supported and the anode electrode 23 having the heater for substrate heating which controls temperature is arranged. Moreover, in this reaction container 21, it is parallel to the heater 23 for substrate heating, and two or more RF electrodes made from SUS304 for generating the glow discharge plasma in 30mm thru/or the field distant 50mm, i.e., cathode electrode 22a,

and 22h are arranged. Although only upper cathode electrode 22a thru/or 22d are specified by a diagram, cathode electrode of four same sheets 22e thru/or 22h are arranged at each cathode electrode 22a thru/or a 22d lower part, and cathode electrode 22a thru/or 22h are formed by a total of eight sheets.

[0028] In said reaction container 21, the reactant gas installation tubing 37, 38, and 39 which introduces reactant gas between each cathode electrode 22a thru/or 22h, and the heater 23 for substrate heating is arranged. The vacuum pump 28 is connected to said reaction container 21 through the exhaust pipe 27 which exhausts gas, such as reactant gas in the reaction container 21. In said reaction container 21, ground shielding 40a thru/or 40h are arranged. Such ground shielding 40a thru/or discharge in a part with unnecessary 40h are controlled. In addition, the monitor of the pressure in the reaction container 21 is carried out by the pressure gage which is not illustrated, and it is controlled by adjusting the displacement of said vacuum pump 28.

[0029] It is SiH₄ with each cathode electrode 22a thru/or 22h, and the anode electrode 23. If the plasma is generated, radicals, such as SiH₃ which exists in the plasma, SiH₂, and SiH, will be spread by the diffusion phenomenon, and the a-Si film, Microcrystal Si, or the thin film polycrystal Si will accumulate by adsorbing substrate 29 front face. In addition, the a-Si film, Microcrystal Si, or the thin film polycrystal Si is SiH₄ in membrane formation conditions, and H₂. Since it is the well-known technique which can form membranes by rationalizing a raw material ratio, a pressure, and the power for plasma generating, it is SiH₄ here. It explains taking the case of the a-Si membrane formation using gas. Though natural, it is also possible to form Microcrystal Si and the thin film polycrystal Si.

[0030] RF generator 24 is connected to each cathode electrode 22a thru/or 22h through coaxial cable 43 for vacuums a explained in full detail behind thru/or 43h, impedance converter 61a or 61h, the power distribution unit 60, and the impedance matching box 25.

[0031] Drawing 2 is the electric wiring schematic diagram extracting and showing the electrode and power supply section of equipment which show drawing 1. As shown in this drawing, in this gestalt, the multipoint electric supply method which supplies high-frequency power to cathode electrode 22a thru/or 22h each of eight sheets (there is no special limitation in this number of sheets.) independently is adopted. Namely, it sets to the plasma-CVD equipment of this gestalt. Power with a frequency of 70MHz from RF generator 24 For example, coaxial cable 41 for vacuums a as an impedance matching box 25, a power distribution unit 60, and a feeder for vacuums thru/or 41h, Eight electric power supply terminals 44 by which joining was carried out to above-mentioned cathode electrode 22a thru/or 22h thru/or 51 are supplied through impedance converter 61a thru/or 61h, current installation terminal 42a or 42d and coaxial cable 43 for vacuums a thru/or 43h, respectively.

[0032] Said power distribution unit 60 has the function for it to be constituted by power 2 distributor 62 and two power 4 distributors 63 and 64, and to divide the inputted high-frequency power into eight equally, as shown in drawing 3. This power distribution unit 60 can also be constituted combining the transformer for high frequency (30MHz thru/or 200MHz), resistance, and a capacitor, although the power distribution unit for high frequency generally used can also be used. In this case, it applies to the CVD system concerned and will become suitable.

[0033] Said impedance converter 61a thru/or 61h of things twisted and manufactured so that 2 and a transformer winding ratio might be set to 1 to 4 in pre-insulation lead wire at the annular solid 65 made from a ferrite as shown in drawing 4 were used in order to take adjustment with a power distribution unit 60, coaxial cable 43 for vacuums a or an a [43h and cathode electrode 22a] thru/or an impedance of 22h. The equal circuit is as being shown in drawing 5. As shown in this drawing, concerned impedance converter 61a thru/or 61h are the transmission-line transformer methods which combined the transformer and the capacitor.

[0034] Next, how to manufacture the a-Si film using the plasma-CVD equipment of the above-mentioned configuration is explained. First, a vacuum pump 28 is worked, the inside of the reaction container 21 is exhausted, and a ultimate vacuum is set to $2 - 3 \times 10^{-7}$ Torr. Continuously, it is reactant gas 4, for example, SiH, from the reactant gas installation tubing 37. Gas is supplied by the flow rate of 500 - 800SCCM extent. Then, high frequency, for example, 70MHz power, is supplied to cathode electrode 22a thru/or 22h through an impedance matching box 25, a power distribution unit 60, impedance converter 61a or 61h and coaxial cable 43 for vacuums a thru/or 43h from RF generator 24, maintaining the pressure in the reaction container 21 at 0.05 - 0.5Torr. Consequently, the glow discharge plasma of SiH₄ occurs between the cathode electrodes 22a-22h and the substrate heating heater 23. This plasma is SiH₄. Gas is decomposed and the a-Si film is formed in the front face of a substrate 29. However, a membrane formation rate is 0.5 - 3 nm/s extent, although it is dependent also on the frequency and output of RF generator 24.

[0035] The following table 1 sets the frequency of RF generator 24 to 70MHz using cathode electrode 22a shown in drawing 1 and drawing 2 thru/or 22h, and shows the result of having formed the a-Si film to an area 40cmx80cm glass substrate (trade name: Corning #7059, Corning, Inc. manufacture). Here, membrane formation conditions are SiH₄. It was quantity-of-gas-flow 800SCCM, pressure 0.3Torr, and high-frequency power 700W.

[0036]

[Table 1]

	成膜速度	膜厚分布 (平均膜厚からのずれ)
インピーダンス変換器 61a ~61h 無しの場合	1. 2 nm/s	± 1 4 %
インピーダンス変換器 61a ~61h 有りの場合	1. 2 nm/s	± 1 0 %

(The power line period of 70MHz, substrate area 40cmx80cm)

When there is no impedance converter and there are **14% of thickness distribution and an impedance converter from the data shown in Table 1 by the power line period of 70MHz, and substrate area 40cmx80cm, it turns out that the good result which was not able to be realized with equipment is obtained **10% of thickness distribution, and conventionally.

[0037] In addition, if it is less than **10% as thickness distribution in manufacture of an a-Si solar battery, a thin film transistor, a photoconductor drum, etc., there will be no engine-performance top problem.

[0038] According to the above-mentioned example, RF electrode, i.e., cathode electrode, 22a thru/or 22h are divided into about size 22cmx22cm. Install two or more them in the same side, and coaxial cable 43 for vacuums a thru/or 43h, impedance converter 61a or 61h, a power distribution unit 60, and an impedance matching box 25 are separately minded for power, respectively. It became possible to acquire remarkable good thickness distribution compared with conventional equipment and a conventional approach by having made it supply from RF generator 24, even if it uses the 70MHz high-frequency power by which difficult ** was carried out with the conventional technique. Especially, in the case of 70MHz frequency of RF generator 24, **10% of thickness distribution was realizable in substrate size 40cmx80cm. This means that the industrial value concerning the productivity drive in the manufacture fields, such as an a-Si solar battery, a thin film transistor (TFT) drive liquid crystal display, and an a-Si photo conductor, and low cost-ization is remarkably large.

[0039] Incidentally, when the RF generator 30MHz or more was used with conventional plasma vacuum evaporatio equipment, thickness distribution was remarkably bad and was not put in practical use in 30cmx30cm thru/or the large area substrate beyond about 50cmx50cm.

[0040] Like ****, the thing of the transmission-line transformer method shown in drawing 4 and drawing 5 as impedance converter 61a thru/or 61h is used in the gestalt of implementation of the above 1st. In this case, when the output frequency of RF generator 24 was about 70MHz, the very good membrane formation condition could be realized compared with the former, but when raising a power line period further, it turned out that the plasma generated on the frequency of about 120MHz becomes unstable. Then, as a result of repeating an experiment in order to attain stabilization of plasma and to acquire a good membrane formation condition also in a high-frequency field about 120MHz or more, by adopting pi circuit system as impedance converter 61a thru/or 61h showed that a desired property was acquired. It is the impedance converter which connected the variable capacitor to juxtaposition for that equal circuit to the both ends of a coil as the impedance converter of this pi circuit system as shown in drawing 7, and was formed in pi mold as a whole.

[0041] Drawing 7 is the property Fig. showing the result measured with the CVD system the case where the impedance converter of a transmission-line transformer method is used for the reflective power of per input-control-power 150W, and at the time of using the impedance converter of pi circuit system. The axis of abscissa of this drawing is a power line period, and an axis of ordinate is reflective power. If this drawing is referred to, even if it exceeds 200MHz, in the case of a transmission-line transformer method, with pi circuit

system, it turns out that reflective power is small enough to reflective power increasing from the hit where the power line period exceeded 100MHz rapidly. Incidentally, the one where reflective power is smaller means that power is efficiently supplied to the load.

[0042] In the gestalt of implementation of the above 1st, although the multipoint electric supply method was realized by forming a cathode electrode by cathode electrode 22a divided into eight sheets thru/or 22h, it does not limit to this. Even when a cathode electrode is formed using a ladder mold electrode, a multipoint electric supply method can be realized, and the same operation and effectiveness as cathode electrode 22a of the division form in the gestalt of the 1st operation thru/or 22h can be acquired even in this case.

[0043] Then, the CVD system using a ladder mold electrode is explained as a gestalt of operation of the 2nd of this invention. Drawing 8 is the electric wiring schematic diagram extracting and showing the electrode and power supply section in the CVD system which used the ladder mold electrode. It is the same as that of the electric wiring schematic diagram this drawing's corresponding to drawing 2 of the gestalt of the 1st operation, and showing other configurations in drawing 2 except for the polar zone. Then, the same number is given to the same part as drawing 2, and the overlapping explanation is omitted.

[0044] As shown in drawing 8, eight electric power supply terminals 71 thru/or 78 are distributed and arranged in the ladder mold electrode 70 in this gestalt in the location where the surface and the lower side correspond, and the high-frequency power from RF generator 24 is supplied to each electric power supply terminal 71 thru/or 78 through an impedance matching box 25, a power distribution unit 60, impedance converter 61a or 61h and coaxial cable 43 for vacuums a thru/or 43 etc.h, etc., respectively. Here, a thing is sufficient as impedance converter 61a thru/or 61h in any of pi circuit system shown in the transmission-line transformer method or drawing 6 shown in drawing 5. At this point, it is not different from the gestalt of the 1st operation at all. In the case of high-frequency power about 120MHz or more, the thing of pi circuit system is suitable at the same reason.

[0045] Also in the gestalt of this 2nd operation, the a-Si film can be manufactured in the same mode as the gestalt of the 1st operation. The same is said of the membrane formation condition in this case.

[0046] Although the gestalt of the above-mentioned 1st and the 2nd operation is related when constituted as the aggregate of the small electrode which divided the cathode electrode into plurality (gestalt of the 1st operation), and when it constitutes as a ladder mold electrode (gestalt of the 2nd operation), of course, it is not necessary to limit the cathode electrode concerned to these. In short, if it enables it to supply electric power to two or more points of a cathode electrode from the power supply section of a multipoint electric supply method, there will be no limitation special to the class of electrode.

[0047]

[Effect of the Invention] According to this invention, as explained to the detail with the gestalt of operation above The RF electrode for discharge, Namely, [whether a cathode electrode is divided into two or more small area electrodes, and each smallness area electrode is arranged in 1 flat surface, and] Or it considers as a multipoint electric supply method using the ladder mold electrode which has two or more feeding points. By supplying the high-frequency power which an RF generator (30MHz thru/or 200MHz) outputs to each cathode electrode through an impedance matching box, a power distribution unit, an impedance converter, a current installation terminal, and the coaxial cable for vacuums The effectiveness that the good thickness distribution whose homogeneity improved remarkably is acquired compared with the conventional technique is done so.

[0048] Since the application as the manufacture approach of Microcrystal Si and the thin film polycrystal Si has the effectiveness like **** as for the plasma-CVD technique of using the RF generator of not only a-Si thin film application but 30MHz thru/or 200MHz class, the utility value on industries, such as a solar battery, a thin film transistor, and a photoconductor drum, is remarkably large.

[0049] Moreover, when an impedance converter is prepared, equalization of thickness distribution can be attained further. And at this time, by using the impedance converter of pi circuit system, the stable plasma can be made to generate and it becomes possible in a RF field about 120MHz or more to be efficient and to form conventionally, the thin film of a request in the RF field made impossible.

[Translation done.]

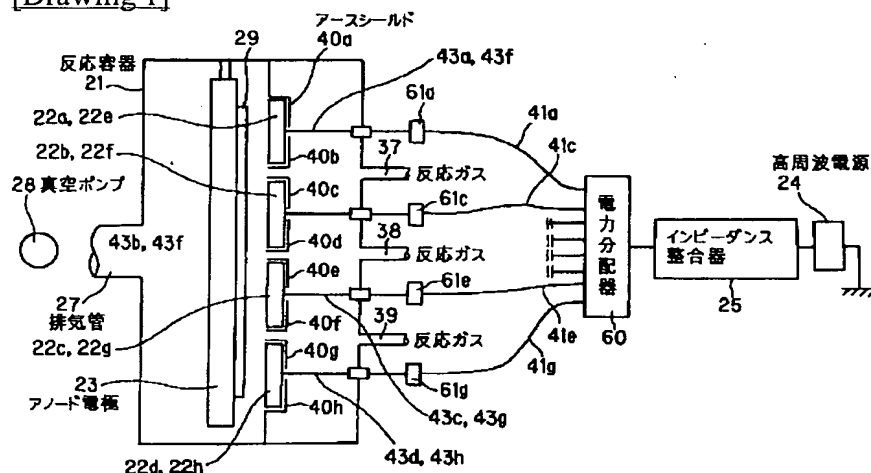
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

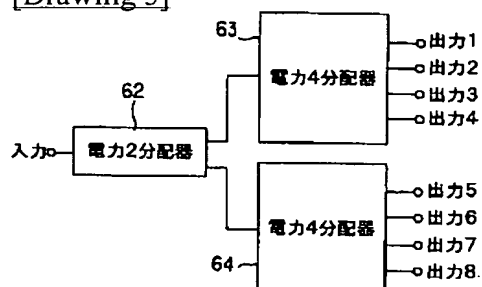
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

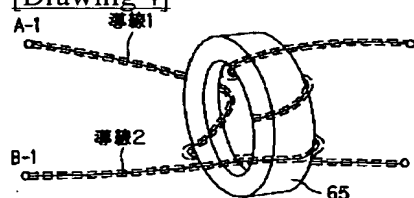
[Drawing 1]



[Drawing 3]

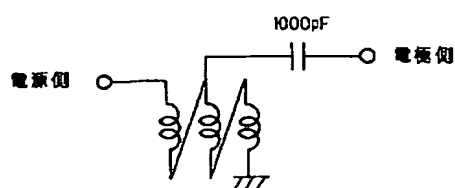


[Drawing 4]

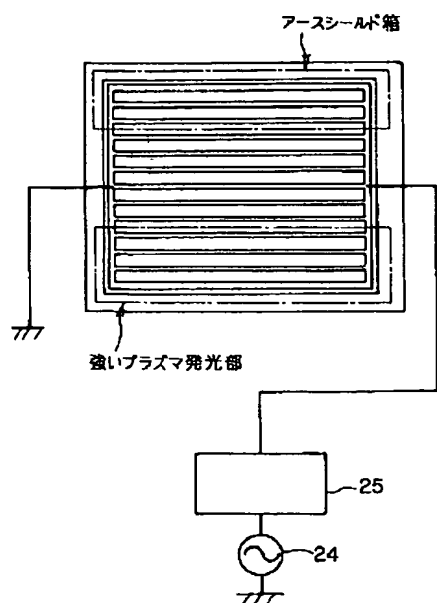


[Drawing 5]

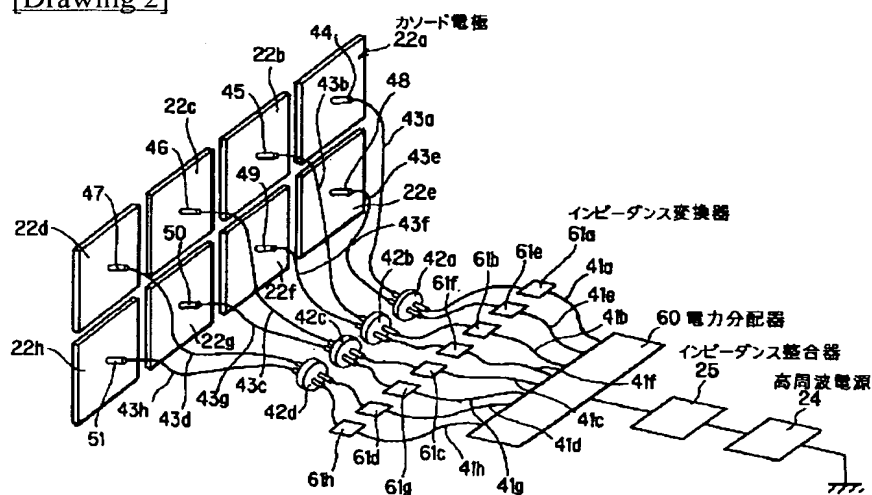
伝送線路トランス方式



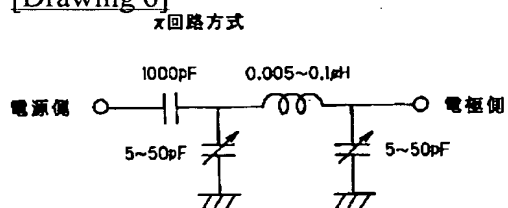
[Drawing 13]



[Drawing 2]

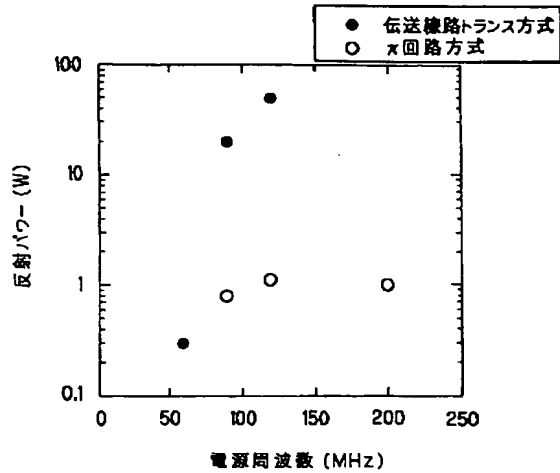


[Drawing 6]

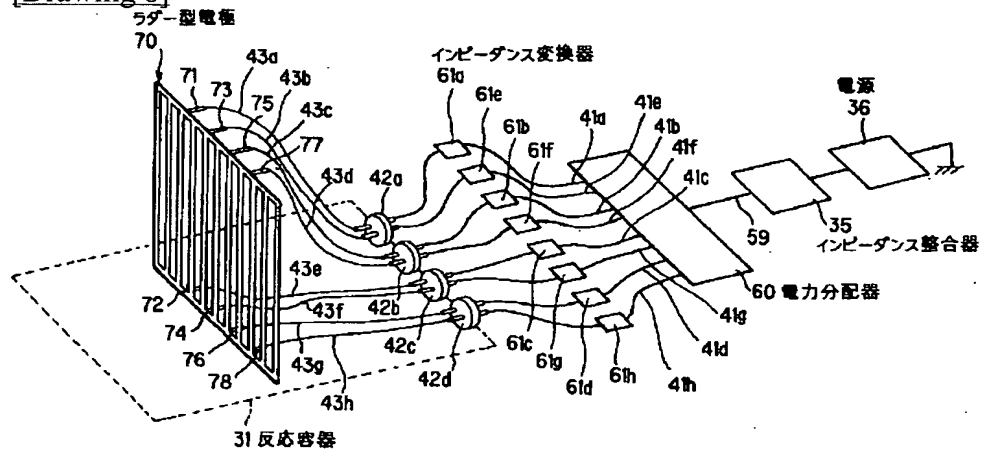


[Drawing 7]

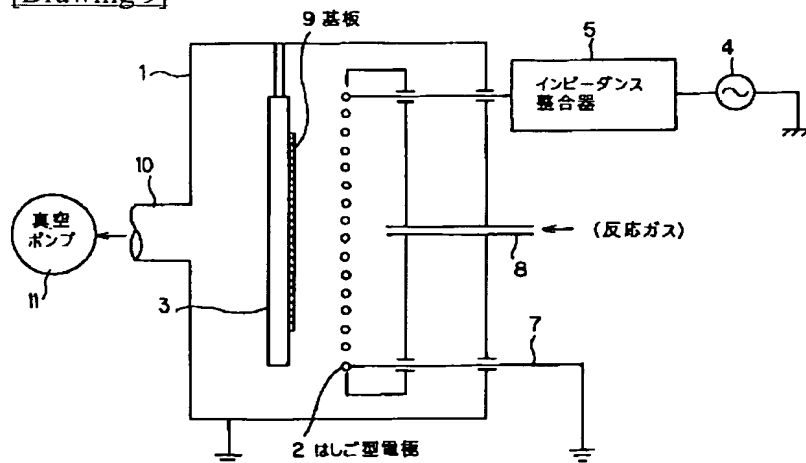
入射パワー150Wあたりの反射パワー



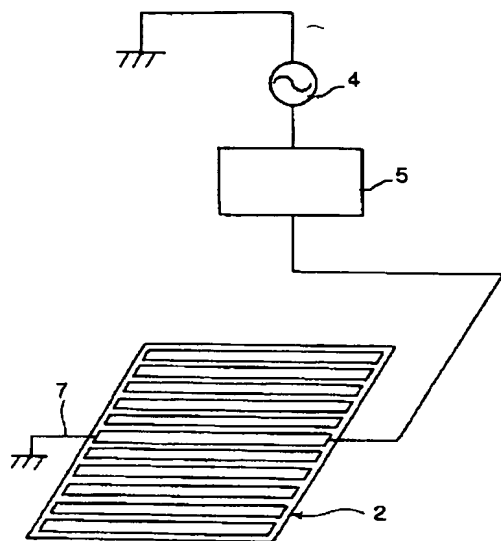
[Drawing 8]



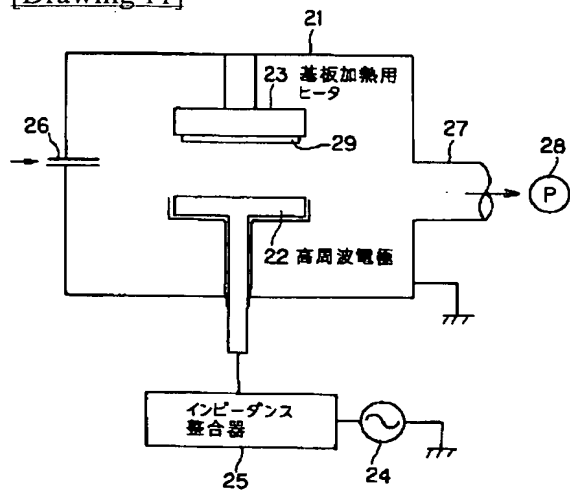
[Drawing 9]



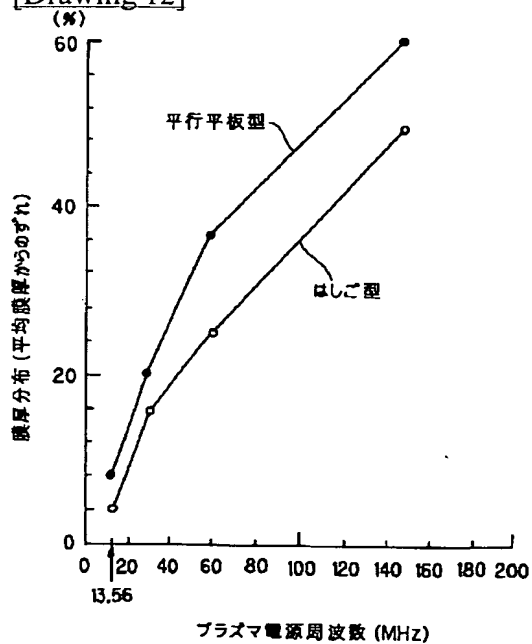
[Drawing 10]



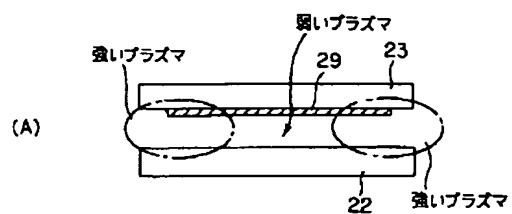
[Drawing 11]



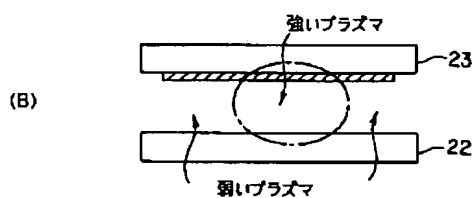
[Drawing 12]



[Drawing 14]



(周辺部にプラズマ発生)



(中央部にプラズマ発生)

[Translation done.]

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-58465

(P 2 0 0 0 - 5 8 4 6 5 A)

(43) 公開日 平成12年 2 月25日 (2000. 2. 25)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/205		H01L 21/205	
C23C 16/50		C23C 16/50	B
H01L 31/04		H05H 1/46	M
H05H 1/46			R
		H01L 31/04	V
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)			

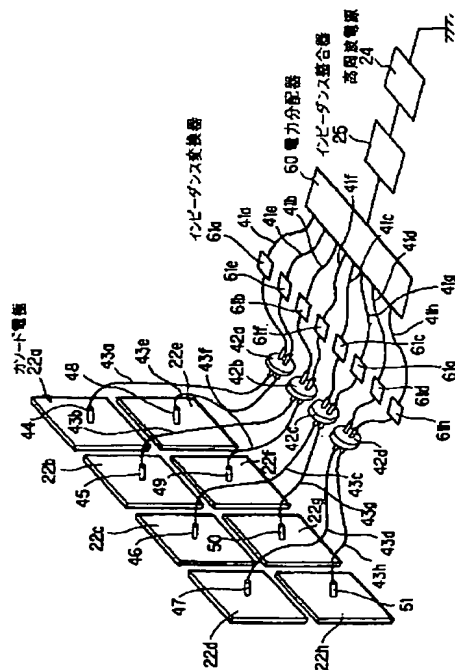
(21) 出願番号	特願平11-149233	(71) 出願人	000006208 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目 5 番 1 号
(22) 出願日	平成11年 5 月28日 (1999. 5. 28)	(72) 発明者	真島 浩 長崎県長崎市深堀町 5 丁目717番 1 号 三 菱重工業株式会社長崎研究所内
(23) 優先権主張番号	特願平10-148617	(72) 発明者	竹内 良昭 長崎県長崎市深堀町 5 丁目717番 1 号 三 菱重工業株式会社長崎研究所内
(32) 発明の完成日	平成10年 5 月29日 (1998. 5. 29)	(72) 発明者	村田 正義 長崎県長崎市深堀町 5 丁目717番 1 号 三 菱重工業株式会社長崎研究所内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	100078499 弁理士 光石 俊郎 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 プラズマ化学蒸着装置

(55) 【要約】

【課題】 従来と比べ良好な膜厚分布が得られることを課題とする。

【解決手段】 基板29を支持するヒータ内蔵アノード電極21と、このアノード電極21に対向して配設された複数個のカソード電極22a~22hとを有し、各カソード電極22a~22hに電力分配器60等を介して電力を供給するように構成して多点給電方式を実現し、周波数30MHz乃至200MHzの高周波電力を高周波電源24から供給してこの電力によりグロー放電を発生し、前記基板29の表面上に非晶質薄膜、微結晶薄膜若しくは多結晶薄膜を形成するようにしたものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入する手段と、前記反応ガスを前記反応容器内から排出する手段と、前記反応容器内に配置され、被処理物を支持するヒータ内蔵アノード電極と、このアノード電極に対向して設置された複数のカソード電極と、このカソード電極に周波数30MHzないし200MHzのグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、この電源から供給された電力によりグロー放電を発生し、前記被処理物表面上に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは多結晶薄膜を形成するプラズマ化学蒸着装置において、前記各カソード電極へ高周波電力を供給する複数の真空用給電線と、各真空用給電線を介して前記各カソード電極に接続され前記給電電力を均等に分配する電力分配器とを具備することを特徴とするプラズマ化学蒸着装置。

【請求項2】 反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入する手段と、前記反応ガスを前記反応容器内から排出する手段と、前記反応容器内に配置され、被処理物を支持するヒータ内蔵アノード電極と、このアノード電極に対向して設置されたカソード電極と、このカソード電極に周波数30MHzないし200MHzのグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、この電源から供給された電力によりグロー放電を発生し、前記被処理物表面上に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは多結晶薄膜を形成するプラズマ化学蒸着装置において、前記カソード電極へ高周波電力を供給する複数の真空用給電線と、各真空用給電線を介して前記カソード電極に接続され前記給電電力を均等に分配する電力分配器と、前記カソード電極と電力分配器間に配設され、これらに電気的に接続する複数のインピーダンス変換器とを有することを特徴とするプラズマ化学蒸着装置。

【請求項3】 【請求項2】に記載する発明において、インピーダンス変換器は、磁性体に導線を2本巻きつけて形成したトランスとコンデンサとを組み合わせた伝送線路トランス方式のものとしたことを特徴とするプラズマ化学蒸着装置。

【請求項4】 【請求項2】に記載する発明において、インピーダンス変換器は、コイルの両端に変可コンデンサを並列に接続し、全体としてπ型に形成したπ回路方式のものとしたことを特徴とするプラズマ化学蒸着装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はプラズマ化学蒸着装置に関し、アモルファスシリコン太陽電池、薄膜半導体、光センサ、半導体保護膜等の各種電子デバイスに使用される薄膜の製造に適用されるプラズマ化学蒸着装置（以下、プラズマCVD装置と呼ぶ。）として有用なものである。

【0002】

従来

【従来の技術】アモルファスシリコン（以下、a-Siと記す）薄膜や窒化シリコン（以下、SiN_xと記す）薄膜を製造するために、従来より用いられているプラズマCVD装置の構成について、2つの代表的例について説明する。即ち、放電発生に用いる電極として、放電用はしご型電極即ちラダーインダクタンス電極あるいはラダーアンテナ型電極とも呼ばれる電極を用いる方法、及び平行平板電極を用いる方法について説明する。

【0003】まず、はしご型電極を用いる方法については、特開平4-236781号にはしご状平面形コイル電極として各種形状の電極を用いたプラズマCVD装置が開示されている。本方法の代表例について図9を用いて説明する。図中の付番1は反応容器であり、この反応容器1内に放電用はしご型電極2と基板加熱用ヒータ3とが平行に配置されている。前記放電用はしご型電極2には、高周波電源4からインピーダンス整合器5を介して例えば13.56MHzの高周波電力が供給される。前記放電用はしご型電極2は、図10に示すように一端がインピーダンス整合器5を介して高周波電源4に接続されており、他端はアース線7に接続され、反応容器1とともに接地されている。

【0004】放電用はしご型電極2に供給された高周波電力は、反応容器1とともに接地された基板加熱用ヒータ3と放電用はしご型電極2との間にグロー放電プラズマを発生させ、放電空間経由で反応容器1の壁へ、また放電用はしご型電極2のアース線7を介してアースへ流れる。なお、このアース線7には同軸ケーブルが用いられている。

【0005】前記反応容器1内には、図示しないポンプから反応ガス導入管8を通して、例えばモノシランと水素との混合ガスが供給される。供給された反応ガスは、放電用はしご型電極2により発生したグロー放電プラズマにより分解され、基板加熱用ヒータ3上に保持され、所定の温度に加熱された基板9上に堆積する。また、反応容器1内のガスは、排気管10を通して真空ポンプ11により排気される。

【0006】以下、上記装置を用いて薄膜を製造する場合について説明する。まず、真空ポンプ11を駆動して反応容器1内を排気した後、反応ガス導入管8を通して、例えば、モノシランと水素との混合ガスを供給し、反応容器1内の圧力を0.05～0.5 Torrに保つ。

【0007】この状態で、高周波電源4から放電用はしご型電極2に高周波電力を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。反応ガスは、放電用はしご型電極2と基板加熱用ヒータ3間に生じるグロー放電プラズマによって分解され、この結果SiH₃、SiH₂などのSiを含むラジカルが発生し、基板9表面に附着してa-Si薄膜が形成される。

【0008】次に、平行平板電極を用いる方法について

図11を参照して説明する。図中の付番21は反応容器であり、この反応容器21内に高周波電極、即ちカソード電極22と基板加熱用ヒータ23とが平行に配置されている。前記高周波電極22には、高周波電源24からインピーダンス整合器25を介して例えば13.56MHzの高周波電力が供給される。基板加熱用ヒータ23は、反応容器21とともに接地されて接地電極、即ちアノード電極となっている。従って、高周波電極22と基板加熱用ヒータ23との間でグロー放電プラズマが発生する。

【0009】前記反応容器21内には図示しないポンプから反応ガス導入管26を通して例えばモノシランと水素との混合ガスが供給される。反応容器21内のガスは、排気管27を通して真空ポンプ28により排気される。基板29は、基板加熱用ヒータ23上に保持され、所定の温度に加熱される。

【0010】こうした装置を用いて、以下のようにして薄膜を製造する。まず、真空ポンプ28を駆動して反応容器21内を排気する。次に、反応ガス導入管26を通して例えばモノシランと水素との混合ガスを供給して反応容器21内の圧力を0.05~0.5 Torrに保ち、高周波電源24から高周波電極22に電圧を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。

【0011】反応ガス導入管26から供給されたガスのモノシランは高周波電極22と基板加熱用ヒータ23間に生じるグロー放電プラズマによって分解される。この結果、 Si 、 SiH_3 、 SiH_2 などの Si を含むラジカルが発生し、基板29の表面に付着して、 a-Si 薄膜が形成される。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来技術、即ちはしご型電極を用いる方法及び平行平板電極を用いる方法は、いずれも次のような問題を有している。

【0013】(1) 図9において、放電用はしご型電極2近傍に発生した電界により反応ガス、例えば Si 、 SiH_3 、 SiH_2 、 SiH 、 H 、 H_2 等に分解され、基板9の表面に a-Si 膜を形成する。しかしながら、 a-Si 膜形成の高速化を図るため、高周波電源の周波数を現状の13.56MHzより、30MHzないし150MHzへ高くすると、放電用はしご型電極2近傍の電界分布が一様性がくずれ、その結果として、 a-Si 膜の膜厚分布が極端に悪くなる。図12は、基板面積30cm×30cmでのプラズマ電源周波数と膜厚分布の関係を示す。膜厚分布の一様性(±10%以内)を確保できる基板の大きさ即ち面積は5cm×5cmないし20cm×20cm程度である。

【0014】放電用はしご型電極を用いる方法による高周波電源4の高周波数化が困難な理由は次の通りである。図13に示すように、放電用はしご型電極の構造に起因したインピーダンスの不均一性が存在するために、

プラズマ発光の強い部分が局部的になる。例えば、上記電極の周辺部に強いプラズマが発生し、中央部には発生しない。特に60MHz以上の高周波数化に伴ってその減少は顕著になる。

【0015】従って、量産性向上や低コスト化に必要な大面積基板に関するプラズマ電源の高周波数化による成膜速度の向上は非常に困難で、不可能視されている。なお、 a-Si の成膜速度はプラズマ電源周波数の2乗に比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化しているが、大面積化への成功例はまだない。

【0016】(2) 図11において、高周波電極22と基板加熱用ヒータ23との間に発生する電界により、反応ガス、例えば SiH_4 は Si 、 SiH 、 SiH_2 、 SiH_3 、 H 、 H_2 等に分解され、基板29の表面に a-Si 膜を形成する。しかしながら、 a-Si 膜形成の高速化を図るため、高周波電源24の周波数を現状の13.56MHzより、30MHzないし200MHzへ高くすると、高周波電極22と基板加熱用ヒータ23間に発生する電界分布の一様性がくずれ、その結果として、 a-Si 膜の膜厚分布が極端に悪くなる。図12は、基板面積30cm×30cmでのプラズマ電源周波数と膜厚分布(平均膜厚からのずれ)の関係を示す特性図である。膜厚分布の一様性(±10%以内)が確保できる基板の大きさ即ち面積は、5cm×5cmないし20cm×20cm程度である。

【0017】平行平板電極を用いる方法による高周波電源24の高周波数化が困難な理由は、次の通りである。平行平板型電極は、電極周辺部と中央部の電気特性が異なるため、図14(A)に示すように電極周辺部に強いプラズマが発生するか、あるいは図14(B)に示すように中央部分のみに強いプラズマが発生するという現象がある。

【0018】したがって、量産性向上や低コスト化に必要な大面積基板に関するプラズマ電源の高周波数化による成膜速度の向上は、非常に困難で、不可能視されている。なお、 a-Si の成膜速度はプラズマ電源周波数の2乗に比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化しているが、大面積化への成功例はまだ無い。

【0019】本発明は、上記従来技術に鑑み、電極に対する給電を多点給電方式とすることにより、供給電力の高周波化を図った場合でも、従来に比べて格段に膜厚分布の均一化を図り得るプラズマ化学蒸着装置を提供することを目的とする。

【0020】また、本発明は、電極に周波数30MHz乃至200MHzのグロー放電発生用電力を供給する複数の供給点と前記電力分配器間に、これらに夫々電氣的に接続するインピーダンス変換器を配置した構成とすることにより、さらに優れた膜厚分布が得られるプラズマ化学蒸着装置を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の構成は次の点を特徴とする。

【0022】1) 反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入する手段と、前記反応ガスを前記反応容器内から排出する手段と、前記反応容器内に配置され、被処理物を支持するヒータ内蔵アノード電極と、このアノード電極に対向して設置された複数のカソード電極と、このカソード電極に周波数30MHzないし200MHzのグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、この電源から供給された電力によりグロー放電を発生し、前記被処理物表面上に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは多結晶薄膜を形成するプラズマ化学蒸着装置において、前記各カソード電極へ高周波電力を供給する複数の真空用給電線と、各真空用給電線を介して前記各カソード電極に接続され前記給電電力を均等に分配する電力分配器とを具備すること。

【0023】2) 反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入する手段と、前記反応ガスを前記反応容器内から排出する手段と、前記反応容器内に配置され、被処理物を支持するヒータ内蔵アノード電極と、このアノード電極に対向して設置されたカソード電極と、このカソード電極に周波数30MHzないし200MHzのグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、この電源から供給された電力によりグロー放電を発生し、前記被処理物表面上に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは多結晶薄膜を形成するプラズマ化学蒸着装置において、前記カソード電極へ高周波電力を供給する複数の真空用給電線と、各真空用給電線を介して前記カソード電極に接続され前記給電電力を均等に分配する電力分配器と、前記カソード電極と電力分配器間に配設され、これらに電気的に接続する複数のインピーダンス変換器とを有すること。

【0024】3) 上記2)に記載する発明において、インピーダンス変換器は、磁性体に導線を2本巻きつけて形成したトランスとコンデンサとを組み合わせた伝送線路トランス方式のものとしたこと。

【0025】4) 上記2)に記載する発明において、インピーダンス変換器は、コイルの両端に可変コンデンサを並列に接続し、全体として π 型に形成した π 回路方式のものとしたこと。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づき詳細に説明する。

【0027】図1は本発明の第1の実施の形態に係るプラズマCVD装置の全体図である。同図に示すように、反応容器21内には、被処理物としての基板29を支持する一方、該基板29を支持し、温度を制御する基板加熱用ヒータを内蔵したアノード電極23が配置されている。また、この反応容器21内には、基板加熱用ヒータ

23と平行でかつ30mm乃至50mm離れた面内にグロー放電プラズマを発生させるためのSUS304製の複数の高周波電極、即ちカソード電極22a乃至22hが配置されている。図では上側のカソード電極22a乃至22dのみが明示されているが、各カソード電極22a乃至22dの下方には同様の4枚のカソード電極22e乃至22hが配置されており、合計8枚でカソード電極22a乃至22hを形成している。

【0028】前記反応容器21内には、反応ガスを各カソード電極22a乃至22hと基板加熱用ヒータ23の間に導入する反応ガス導入管37、38、39が配置されている。前記反応容器21には、反応容器21内の反応ガスなどのガスを排気する排気管27を介して真空ポンプ28が接続されている。前記反応容器21内にはアースシールド40a乃至40hが配置されている。これらのアースシールド40a乃至40hは不必要な部分での放電を抑制する。なお、反応容器21内の圧力は、図示しない圧力計によりモニタされ、前記真空ポンプ28の排気量を調整することにより制御される。

【0029】各カソード電極22a乃至22hとアノード電極23でSiH₄プラズマを発生すると、そのプラズマ中に存在するSiH₃、SiH₂、SiHなどのラジカルが拡散現象により拡散し、基板29表面に吸着されることにより、a-Si膜あるいは微結晶Siあるいは薄膜多結晶Siが堆積する。なお、a-Si膜あるいは微結晶Siあるいは薄膜多結晶Siは、成膜条件の中の、SiH₄、H₂の原料比、圧力及びプラズマ発生用電力を適正化することで成膜できる公知の技術であるので、ここではSiH₄ガスを用いたa-Si成膜を例にとり説明する。当然ながら、微結晶Si及び薄膜多結晶Siを成膜することも可能である。

【0030】各カソード電極22a乃至22hには、後に詳述する真空用同軸ケーブル43a乃至43h、インピーダンス変換器61a乃至61h、電力分配器60、インピーダンス整合器25を介して高周波電源24が接続されている。

【0031】図2は図1に示す装置の電極及び電源部を抽出して示す電気配線系統図である。同図に示すように、本形態においては、8枚（この枚数には特別な限定はない。）のカソード電極22a乃至22hの夫々に高周波電力を独立に供給する多点給電方式を採用している。すなわち、本形態のプラズマCVD装置においては、例えば周波数70MHzの電力を、高周波電源24よりインピーダンス整合器25、電力分配器60、真空用給電線としての真空用同軸ケーブル41a乃至41h、インピーダンス変換器61a乃至61h、電流導入端子42a乃至42d及び真空用同軸ケーブル43a乃至43hを介して、上記カソード電極22a乃至22hに溶着された8個の電力供給端子44乃至51へそれぞれ供給する。

【0032】電力分配器60は、図3に示すように、電力2分配器61及び2個の電力4分配器63、64により構成され、入力された高周波電力を均等に8分割する機能を持っている。この電力分配器60は、一般に用いられている高周波数用電力分配器を用いることもできるが、30MHz乃至200MHzの高周波数用トランスと抵抗とコンデンサとを組み合わせることもできる。この場合、当該CVD装置に適用して好適なものとなる。

【0033】前記インピーダンス変換器61a乃至61hは、電力分配器60と真空用同軸ケーブル43a乃至43hとカソード電極22a乃至22hのインピーダンスの整合をとるために、図4に示すようなフェライト製環状体65に絶縁被覆導線を2本、トランス巻線比が1対4となるように巻きつけて製作されたものを用いた。図5に示す通りである。同図に示すように、該インピーダンス変換器61a乃至61hは、トランスインピーダンスを組み合わせ、伝送線路トランス方式である。

【0034】次に、上記構成のプラズマCVD装置を用いてa-Si膜を製作する方法について説明する。まず、真空ポンプ28を稼働させて、反応容器21内を排気し、到達真空度を $2 \sim 3 \times 10^{-7}$ Torrとする。つ

づいて、反応ガス導入管37より反応ガス、例えばSiH₄ガスを500～800SCCM程度の流量で供給する。この後、反応容器21内の圧力を0.05～0.5 Torrに保ちながら、高周波電源24からインピーダンス整合器25、電力分配器60、インピーダンス変換器61a乃至61h及び真空用同軸ケーブル43a乃至43hを介して、カソード電極22a乃至22hに高周波数、例えば70MHzの電力を供給する。その結果、カソード電極22a～22hと基板加熱ヒータ23の間にSiH₄のグロー放電プラズマが発生する。このプラズマは、SiH₄ガスを分解し、基板29の表面にa-Si膜を形成する。但し、成膜速度は高周波電源24の周波数及び出力にも依存するが、0.5～3nm/s程度である。

【0035】下記表1は、図1、図2に示したカソード電極22a乃至22hを用いて高周波電源24の周波数を70MHzとし、面積40cm×80cmのガラス基板（商品名：コーニング#7059、コーニング社製造）にa-Si膜を成膜した結果を示す。ここで、成膜条件は、SiH₄ガス流量800SCCM、圧力0.3 Torr、高周波電力700Wであった。

【0036】

【表1】

	成膜速度	膜厚分布（平均膜厚からのずれ）
インピーダンス変換器 61a～61h 無しの場合	1.2 nm/s	±14%
インピーダンス変換器 61a～61h 有りの場合	1.2 nm/s	±10%

（電源周波数70MHz、基板面積40cm×80cm）

表1に示されるデータから、電源周波数70MHz、基板面積40cm×80cmで、インピーダンス変換器が無い場合、膜厚分布±14%、インピーダンス変換器がある場合、膜厚分布±10%と、従来装置では実現できなかった良好な結果が得られていることが判る。

【0037】なお、a-Si太陽電池、薄膜トランジスタ及び感光ドラムなどの製造では、膜厚分布としては±10%以内であれば性能上問題はない。

【0038】上記実施例によれば、高周波電極、即ちカソード電極22a乃至22hをサイズ22cm×22cm程度に分割し、それらを複数個同一面内に設置し、電力をそれぞれ真空用同軸ケーブル43a乃至43h、インピーダンス変換器61a乃至61h、電力分配器60及びインピーダンス整合器25を介して、高周波電源

24から供給するようにしたことで、従来技術では困難視されていた70MHzの高周波電力を用いても、従来の装置及び方法に比べ、著しく良好な膜厚分布を得ることが可能になった。特に、高周波電源24の周波数70MHzの場合、基板サイズ40cm×80cmにて、膜厚分布±10%を実現できた。このことは、a-Si太陽電池、薄膜トランジスタ（TFT）駆動液晶ディスプレイ及びa-Si感光体等の製造分野での生産性向上及び低コスト化に係る工業的価値が著しく大きいことを意味している。

【0039】ちなみに、従来のプラズマ蒸着装置では、30MHz以上の高周波電源を用いると、膜厚分布が著しく悪く、30cm×30cm乃至50cm×50cm程度以上の大面積基板では実用化されていなかった。

【0040】上述の如く、上記第1の実施の形態においては、インピーダンス変換器61a乃至61hとして図

及び図5に示す伝送線路トランス方式のものを用いて
る。この場合、高周波電源24の出力周波数が70MHz
程度の場合には、従来に比べ極めて良好な成膜状態
で実現することができるが、電源周波数をさらに上昇さ
せた場合、120MHz程度の周波数で生成されるプラ
ズマが不安定になることが分かった。そこで、120MHz
程度以上の高周波数領域でもプラズマの安定化を図
り、良好な成膜状態を得るべく、実験を重ねた結果、イン
ピーダンス変換器61a乃至61hに π 回路方式を採用
することにより、所望の特性が得られることが分かつた。この π 回路方式のインピーダンス変換器とは、その
等価回路を図7に示すように、コイルの両端に可変コン
デンサを並列に接続し、全体として π 型に形成したイン
ピーダンス変換器である。

【0041】図7は入力パワー150Wあたりの反射パ
ワーを、伝送線路トランス方式のインピーダンス変換器
を用いた場合と、 π 回路方式のインピーダンス変換器を
用いた場合のCVD装置で計測した結果を示す特性図であ
る。同図の横軸は電源周波数、縦軸は反射パワーであ
る。同図を参照すれば、伝送線路トランス方式の場合、
電源周波数が120MHzを越えたあたりから反射パワ
ーが急激に増加しているのに対し、 π 回路方式では20
0MHzを越えても反射パワーは十分小さいことが分か
る。ちなみに、反射パワーが小さい方が電力が効率よく
負荷へ供給されていることを意味している。

【0042】上記第1の実施の形態においては、8枚に
分割したカソード電極22a乃至22hでカソード電極
を形成することにより多点給電方式を実現したが、これ
に限定するものではない。はしご型電極を用いてカソ
ード電極を形成した場合でも多点給電方式を実現するこ
とができ、この場合でも第1の実施の形態における分割形
のカソード電極22a乃至22hと同様の作用・効果を
得ることができる。

【0043】そこで、はしご型電極を用いたCVD装置
を本発明の第2の実施の形態として説明しておく。図8
は、はしご型電極を用いたCVD装置における電極及び電
源部を抽出して示す電気配線系統図である。同図は第1
の実施の形態の図2に対応するものであり、電極部を除
き、他の構成は図2に示す電気配線系統図と同様であ
る。そこで、図2と同一部分には同一番号を付し、重複
する説明は省略する。

【0044】図8に示すように、本形態におけるはしご
型電極70には、その上辺及び下辺の対応する位置で8
個の電力供給端子71乃至78が分散して配設してあ
り、各電力供給端子71乃至78に、インピーダンス整
合器25、電力分配器60、インピーダンス変換器61
a乃至61h及び真空用同軸ケーブル43a乃至43h
等を介して高周波電源24からの高周波電力をそれぞれ
供給するようになっている。ここで、インピーダンス変
換器61a乃至61hは、図5に示す伝送線路トランス

方式又は図6に示す π 回路方式の何れをものでも良い。
この点で、第1の実施の形態と何ら変わるものではな
い。同様の理由で、120MHz程度以上の高周波電力
の場合には、 π 回路方式のものが好適である。

【0045】かかる第2の実施の形態においても、第1
の実施の形態と同様の態様でa-Si膜を製作すること
ができる。この場合の成膜状態も同様である。

【0046】上述の第1及び第2の実施の形態は、カソ
ード電極を、複数に分割した小電極の集合体として構成
した場合（第1の実施の形態）、及びはしご型電極とし
て構成した場合（第2の実施の形態）に関するものである
が、当該カソード電極は、勿論これらに限定する必要
はない。要は、多点給電方式の電源部からカソード電極
の複数の点に給電することができるようにしたものであ
れば電極の種類に特別な限定はない。

【0047】

【発明の効果】以上実施の形態とともに詳細に説明した
通り、本発明によれば、放電用高周波電極、即ちカソ
ード電極を、複数個の小面積電極に分割して各小面積電極
を一平面内に配置するか、又は複数の給電点を有するは
しご型電極を用いて多点給電方式とし、夫々のカソード
電極にインピーダンス整合器、電力分配器、インピーダ
ンス変換器、電流導入端子及び真空用同軸ケーブルを介
して30MHz乃至200MHzの高周波電源が出力す
る高周波電力を供給することにより、従来技術に比べ、
著しく均一性が向上した良好な膜厚分布が得られるとい
う効果を奏する。

【0048】上述の如き効果は、a-Si薄膜応用に限
らず、30MHz乃至200MHz級の高周波電源を用
いるプラズマCVD技術が、微結晶Si及び薄膜多結晶
Siの製造方法としての用途があることから、太陽電
池、薄膜トランジスタ及び感光ドラムなどの産業上の利
用価値は著しく大きい。

【0049】また、インピーダンス変換器を設けた場合
には、さらに膜厚分布の均一化を図ることができる。し
かも、このとき120MHz程度以上の高周波領域で
は、 π 回路方式のインピーダンス変換器を用いること
により、安定なプラズマを生成させることができ、従来は
不可能とされていた高周波領域での所望の薄膜を高効率
で形成することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るプラズマCVD
装置の全体図である。

【図2】図1の装置における分割電極の各カソード電極
に高周波電力を供給するための電気配線系統図であ
る。

【図3】図1の装置の一構成要素である電力分配器の説
明図である。

【図4】図1の装置の一構成要素である伝送線路方式の
インピーダンス変換器の説明図である。

【図5】図4の等価回路を示す回路図である。

【図6】図1の装置の一構成要素である π 回路方式のインピーダンス変換器の説明図である。

【図7】図5に示す伝送線路方式と図6に示す π 回路方式のインピーダンス変換器を用いた場合の供給電源周波数に対するそれぞれの反射パワーを示す特性図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態に係る装置におけるはしご型電極に高周波数電力を供給するための電気配線系統図である。

【図9】はしご型電極を用いた従来のプラズマCVD装置の全体図である。

【図10】図9に示す装置におけるはしご型電極に高周波数電力を供給するための電気配線系統図である。

【図11】平行平板電極を用いた従来のプラズマCVD装置の全体図である。

【図12】従来装置におけるプラズマ電源周波数と膜厚分布との関係を示す特性図である。

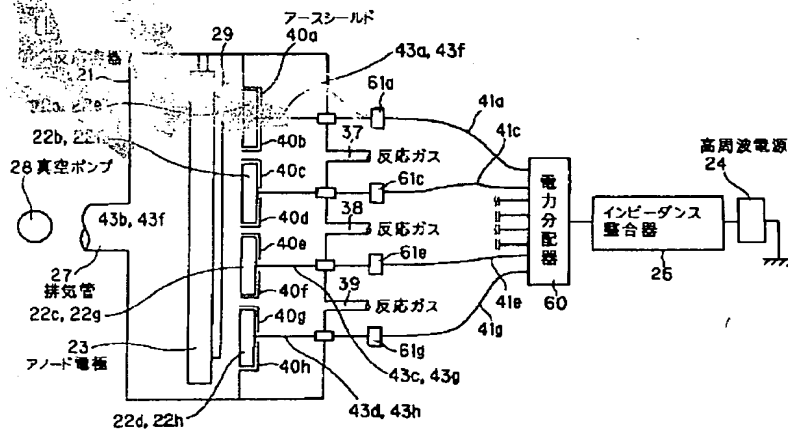
【図13】図9の従来装置におけるインピーダンスの不均一性を説明するための図である。

【図14】図11の従来装置における電極周辺部と中央部分の電気特性の相違を説明するための図。

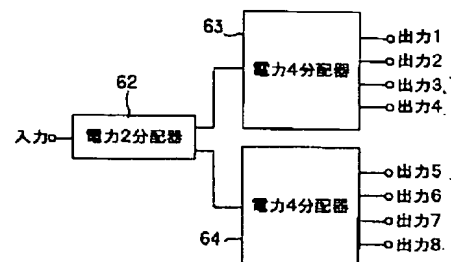
【符号の説明】

- | | |
|-----------|------------------|
| 21 | 反応容器 |
| 22a ~ 22h | カソード電極 |
| 23 | アノード電極 |
| 24 | 高周波電源 |
| 25 | インピーダンス整合器 |
| 27 | 排気管 |
| 28 | 真空ポンプ |
| 29 | 基板（被処理物） |
| 37 | 反応ガス導入管 |
| 40a ~ 40h | アースシールド |
| 41a ~ 41h | 真空用同軸ケーブル（電力供給線） |
| 42a ~ 42d | 電流導入端子 |
| 60 | 電力分配器 |
| 61a ~ 61h | インピーダンス変換器 |
| 70 | はしご型電極 |

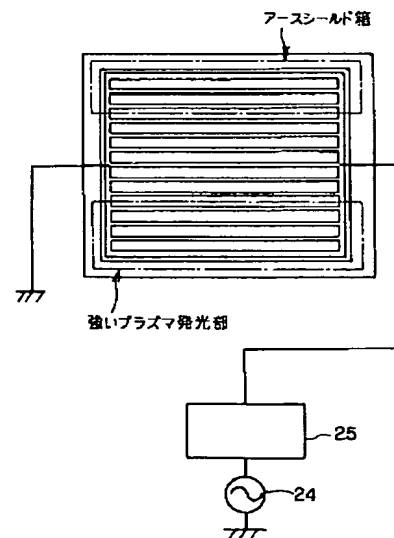
【図1】



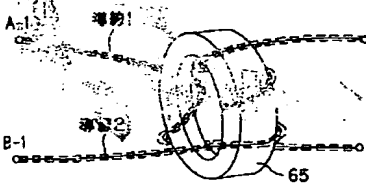
【図3】



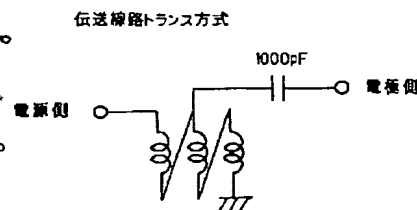
【図13】



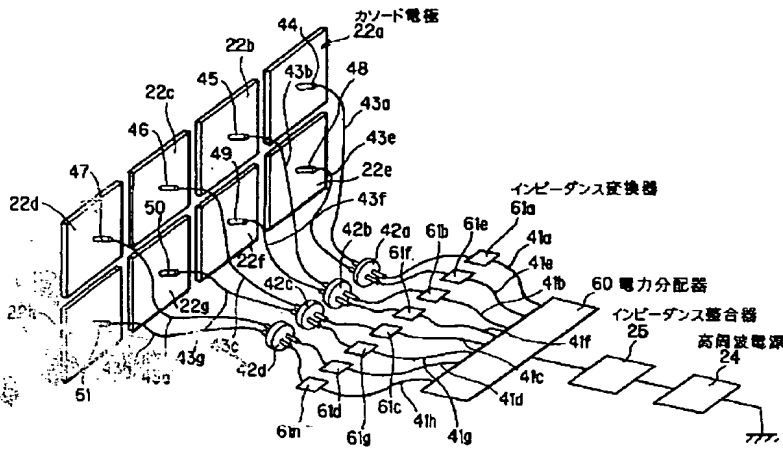
【図4】



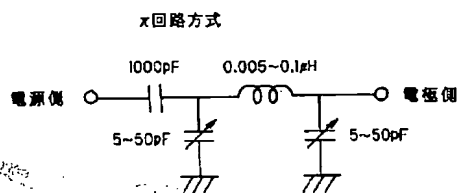
【図5】



【図 2】

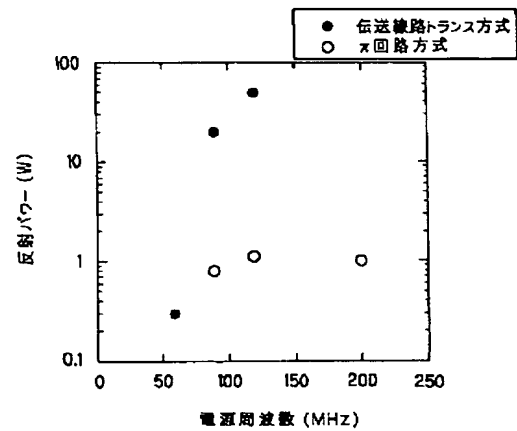


【図 6】

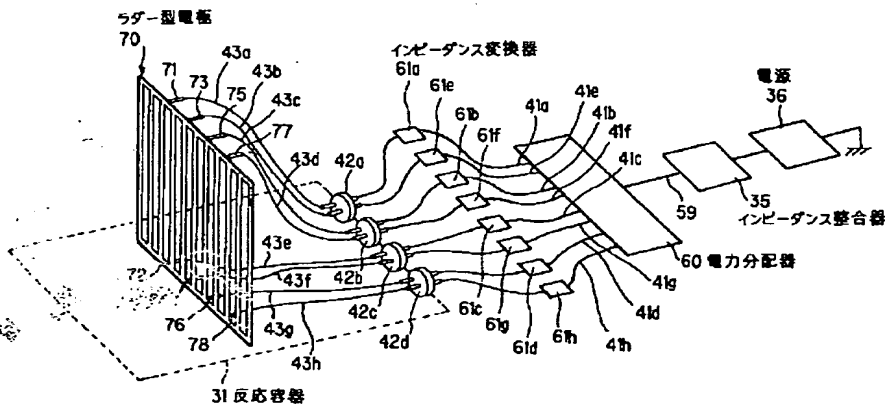


【図 7】

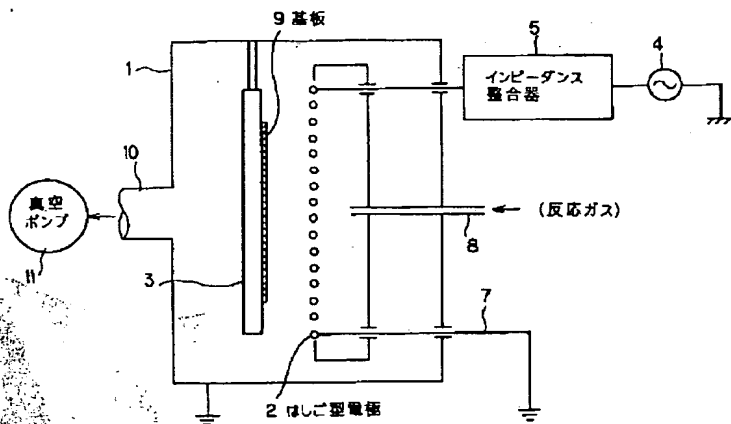
入射パワー150Wあたりの反射パワー



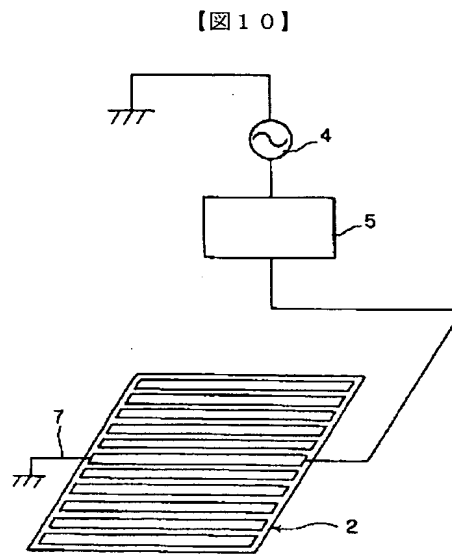
【図 8】



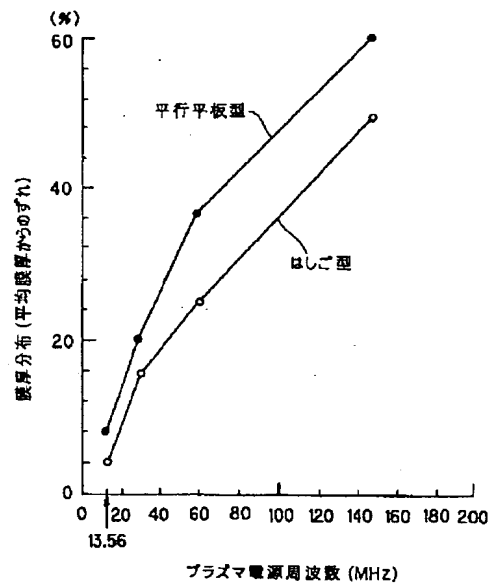
【図9】



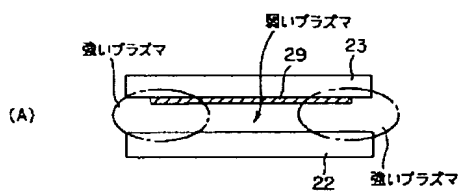
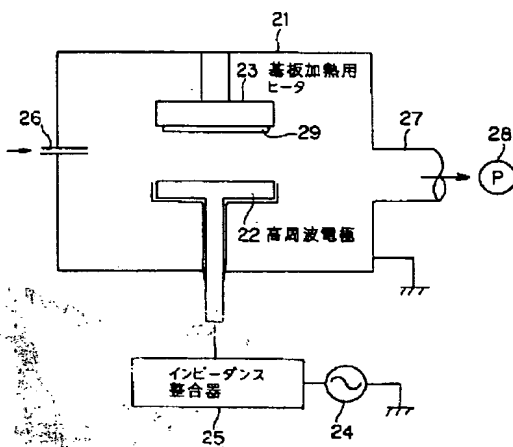
【図10】



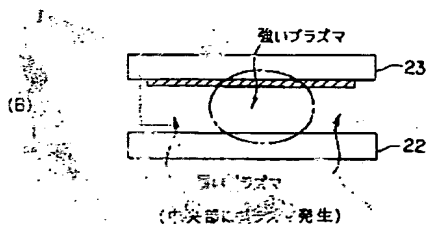
【図12】



【図14】



(周辺部にプラズマ発生)



(中央部にプラズマ発生)